



ALLUVIONI: Mitigazione, adattamento e sistema idro-morfologico

Andrea Nardini - *libero pensatore, ingegnere idraulico, PhD Analisi dei Sistemi; PhD geomorfologia fluviale*

Forlì 18 Ottobre 2023

Il Rischio, un serio problema



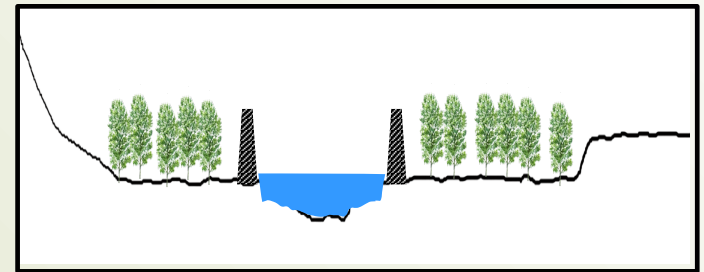
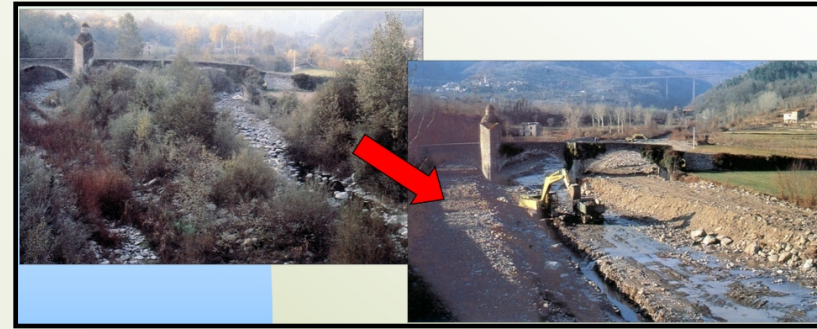
← IDRAULICO
(inondazioni)



MORFOLOGICO →
(dinamica fluviale)

PARADIGMA....sicurezza

- Alvei idraulicamente efficienti per far fluire l'acqua il prima possibile
→ disalveo, ricalibratura, de-vegetazione, rettificazione,...
- Mantenere l'acqua in alveo evitando esondazioni
→ argini, by-pass
- Fissare il fiume (e i versanti) evitando ogni movimento
→ difese spondali (massicciate, pennelli), briglie, "sistemazioni idraulico-forestali", etc.



PARADIGMA.....sicurezza

- Alvei idraulicamente efficienti per far fluire l'acqua il prima possibile
→ disalveo, ricalibratura, de-vegetazione, rettificazione,...
- Mantenere l'acqua in alveo evitando esondazioni
→ argini
- Fissare il fiume (e i versanti) evitando ogni movimento
→ difese spondali (massicciate, pennelli), briglie, "sistemazioni idraulico-forestali", etc.

«grey measures»

PARADIGMA.....sicurezza

L'IDEA COLLETTIVA

(base della politica di risposta reale)

**“mettere in sicurezza” →
rischio zero**

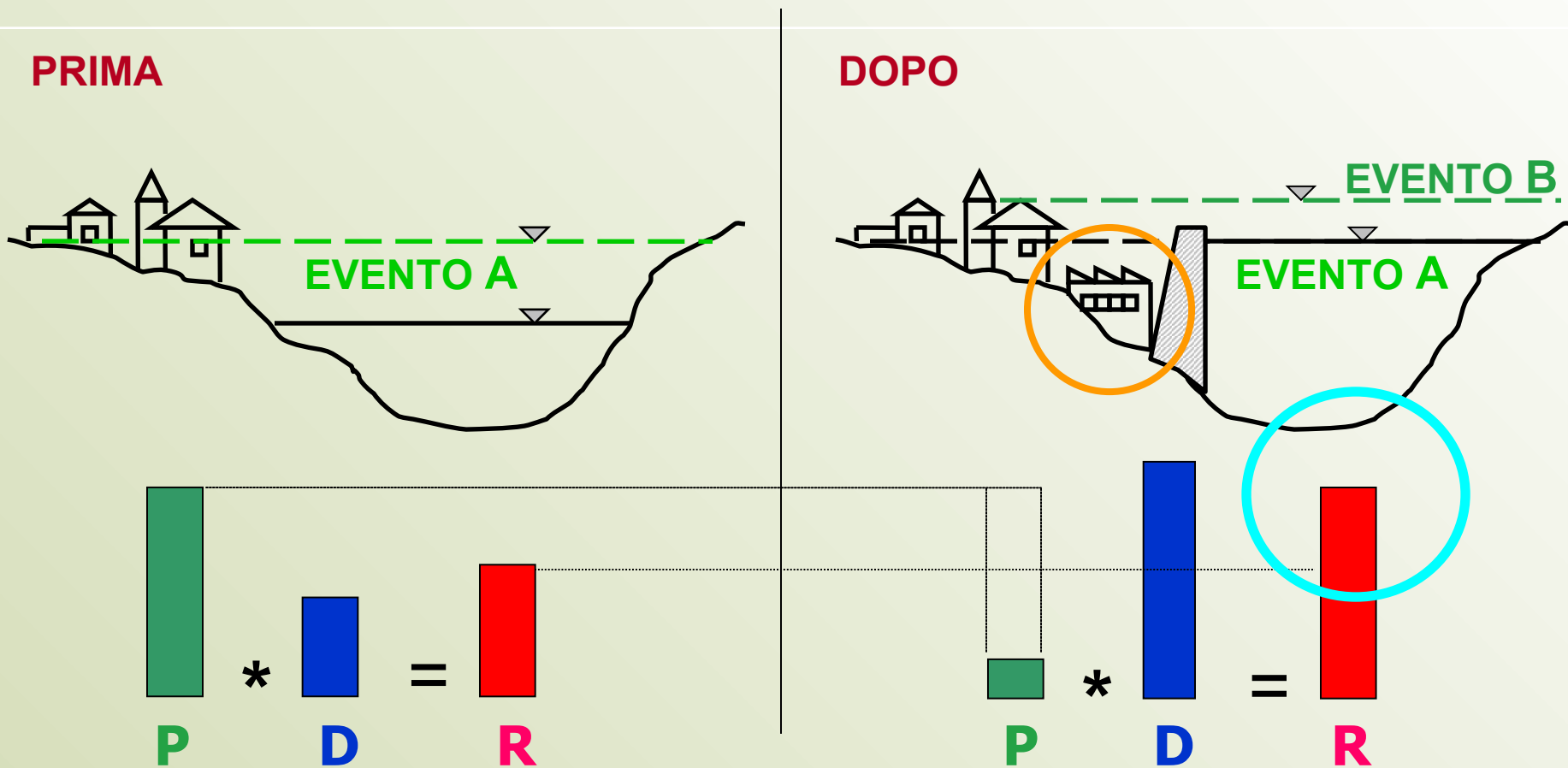
per questo: SOLDI + organizzazione

con cui:

- **«pulire i fiumi»** → via vegetazione e sedimenti!
- **realizzare opere di difesa** (casse di espansione, argini, etc...)
- **manutenerle** (ripristini, eliminare tane,...)

Ma in realta'...

Argini **per** o **contro** la sicurezza: il paradosso del «mettere in sicurezza»

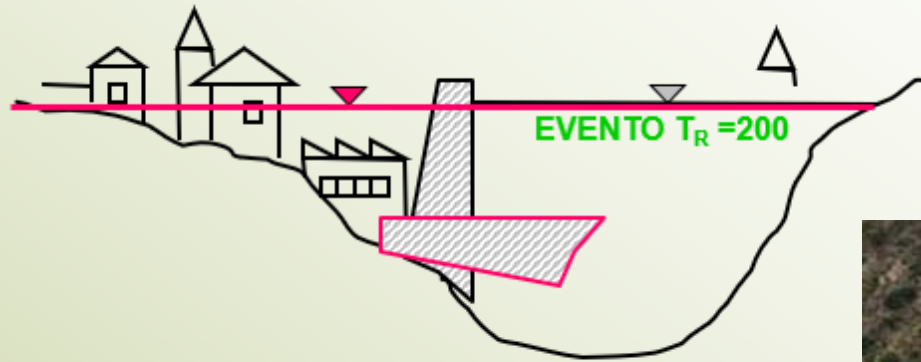


⇒ **il rischio è aumentato !!**

La FRAGILITA': cedimenti, collasso, mal funzionamenti (es. casse dopo 100 anni?)

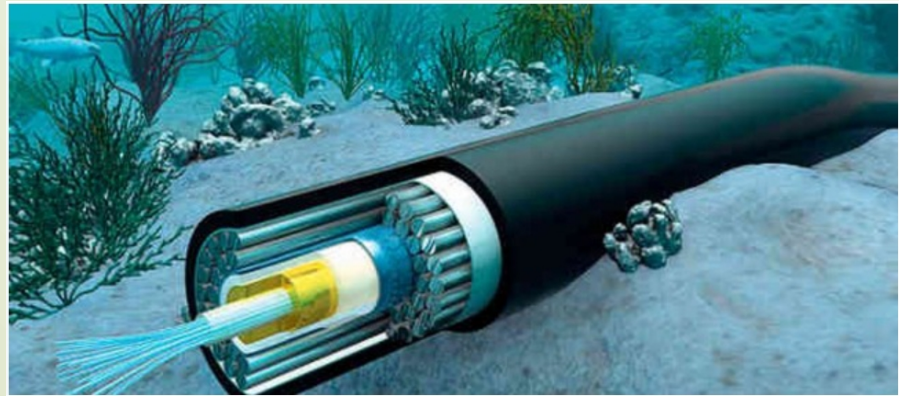
→ **Il Rischio RESIDUO** (occhio: non vuol dire «marginale»!)

RISCHIO: $R_{200} = ?$
RISCHIO: $R_T > 0!$
 $R_T(\infty) \gg 0 !!$



La fragilita' oggi

Siamo fragili.....



La FRAGILITA': Emilia-Romagna

→ Rotte arginali



Italia: «rotta del Lamone» 2023: hanging rivers

Opere \leftrightarrow spese eterne di Gestione, Manutenzione e Rimpiazzo periodico (OMR)

$$C(\mathbf{u}) = \sum_{t=0,1,2,\dots,T} \delta^t [c_{OM}(\mathbf{u})] + \sum_{\tau=0,1,\dots,\text{int}(T/\Delta)} \delta^{(\tau*\Delta)} [c_C(\mathbf{u})]$$

\rightarrow o scaricati a figli e nipoti

\rightarrow o ...incremento del rischio residuo R_R



IL MITO della SICUREZZA

"sicurezza" rispetto a un evento di riferimento,
per es.: $Q(T_{R200})$

MA:

1)

- **Eventi superiori sempre possibili**
- **E più probabili col clima futuro !**

2)



3)

Opere → costi eterni o...R residuo crescente

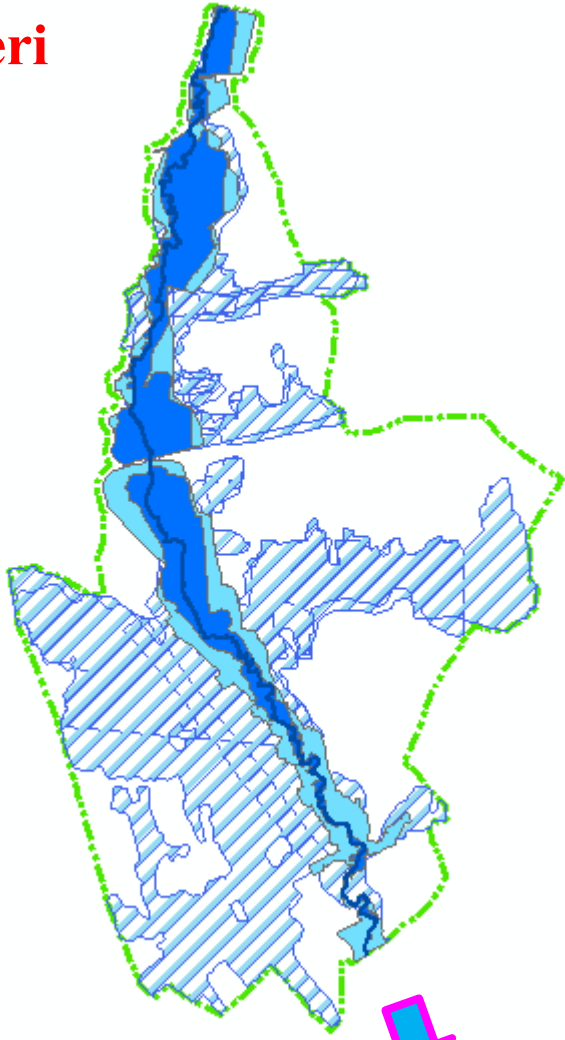
→ e' una sicurezza **FALSA** e **PERICOLOSA**

→ possiamo solo **RIDURRE** il R totale (con il R residuo)

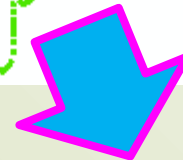
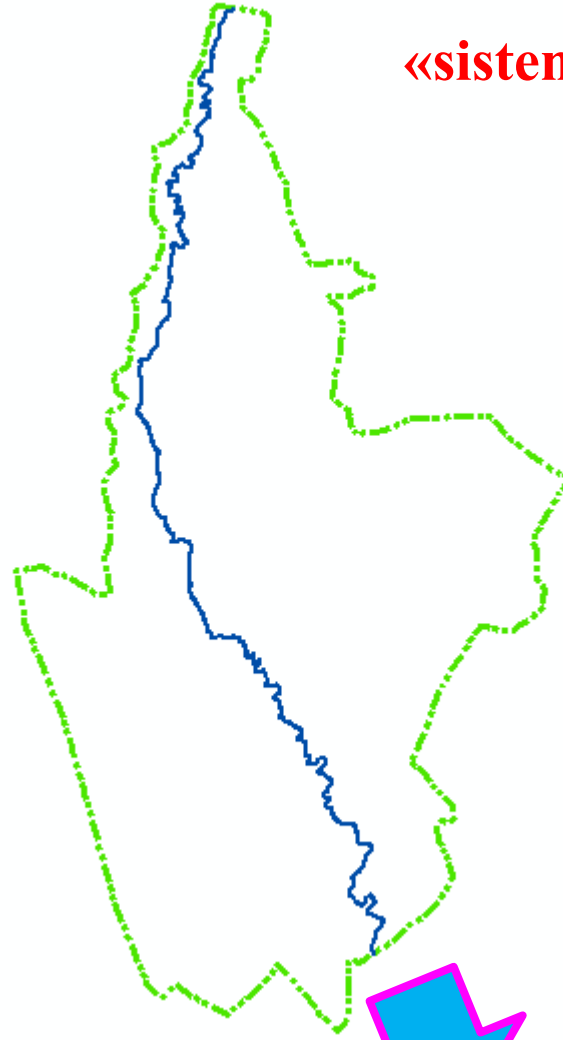
Inoltre.....sposta il problema

...e se vuoi, tu chiamale esternaalitaaa'....

ieri

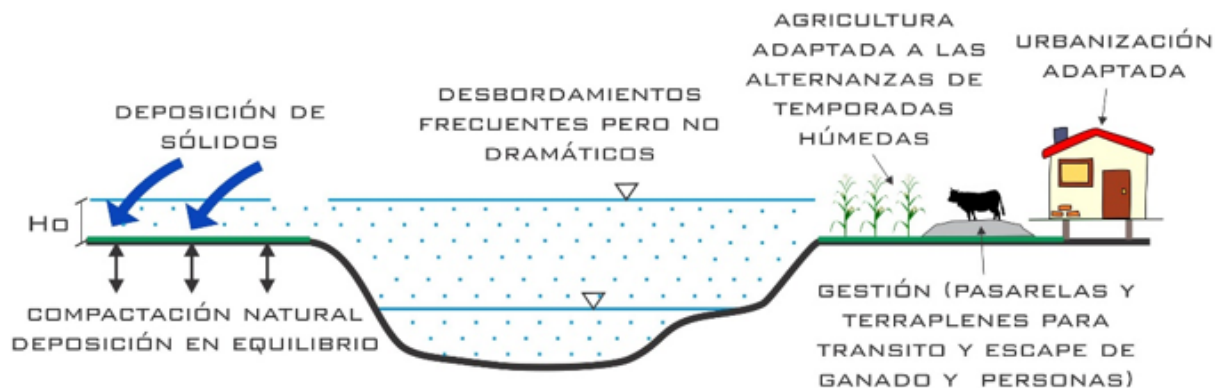


«sistemato»

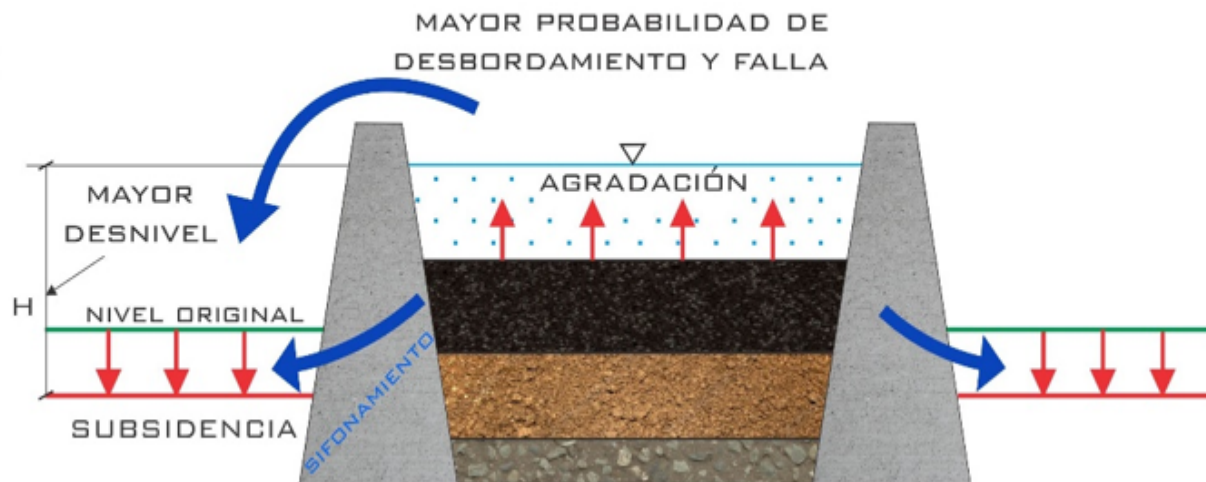


ARGINI → aggradazione → fiumi pensili → maggior pericolo

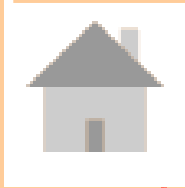
ANTES (NATURAL)



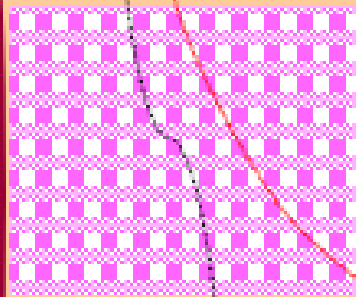
DESPUÉS (TIEMPO T)



insediamenti



**Attività
produttive**



**Difese
longitudinali**

pennelli

- *Alti costi di gestione*
- *Basso valore ecologico*
- *Rischio crescente*
- *Effetti collaterali*

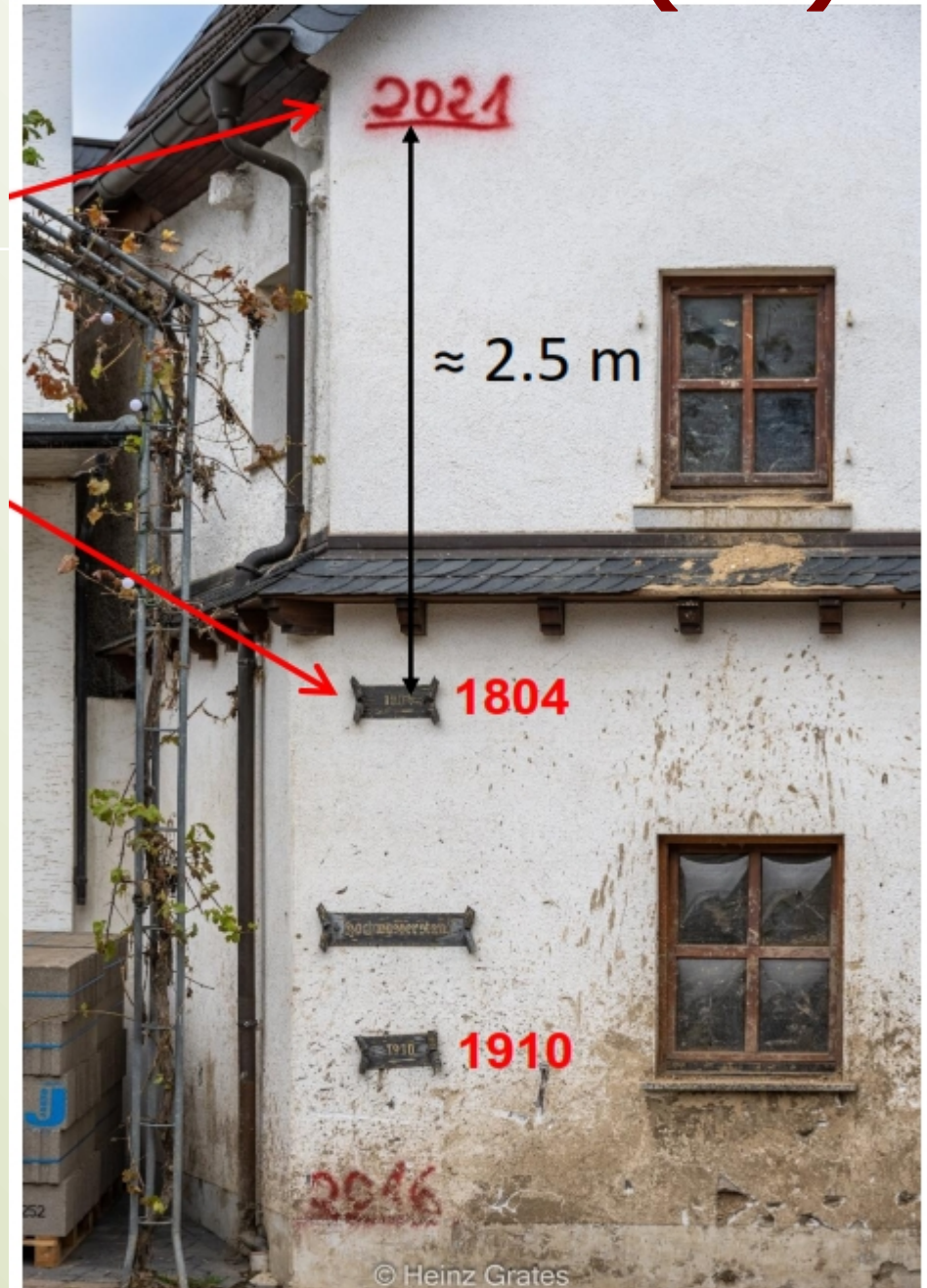
E' quello che vogliamo

?

II CAMBIAMENTO CLIMATICO (CC)

evidenza

*...molte cause,
ma certo il CC e'
una di esse!*



Dernau, Rhineland-Palatinate, Germany

CC...ancora vecchio stile

Può sembrare lecito pensare che, per considerare il CC, basti incrementare le $Q(T_r)$ per ogni T_r e procedere con l'usuale approccio di soluzione: «mettere in sicurezza»....

Ma ahimè....no!

- Incremento livello del mare (i «fiumi non scaricano»)
- Modifica morfologica degli alvei
- Enorme incertezza: sicurezza di eventi peggiori, ma totale ignoranza delle distribuzioni di probabilità → T_R
- Costi (Investimento + OMR) e R residuo insopportabili
- Lascito inaccettabile ai nostri eredi: un sistema iper FRAGILE

CC...ancora vecchio stile

Il nostro LASCITO, se non cambiamo ora



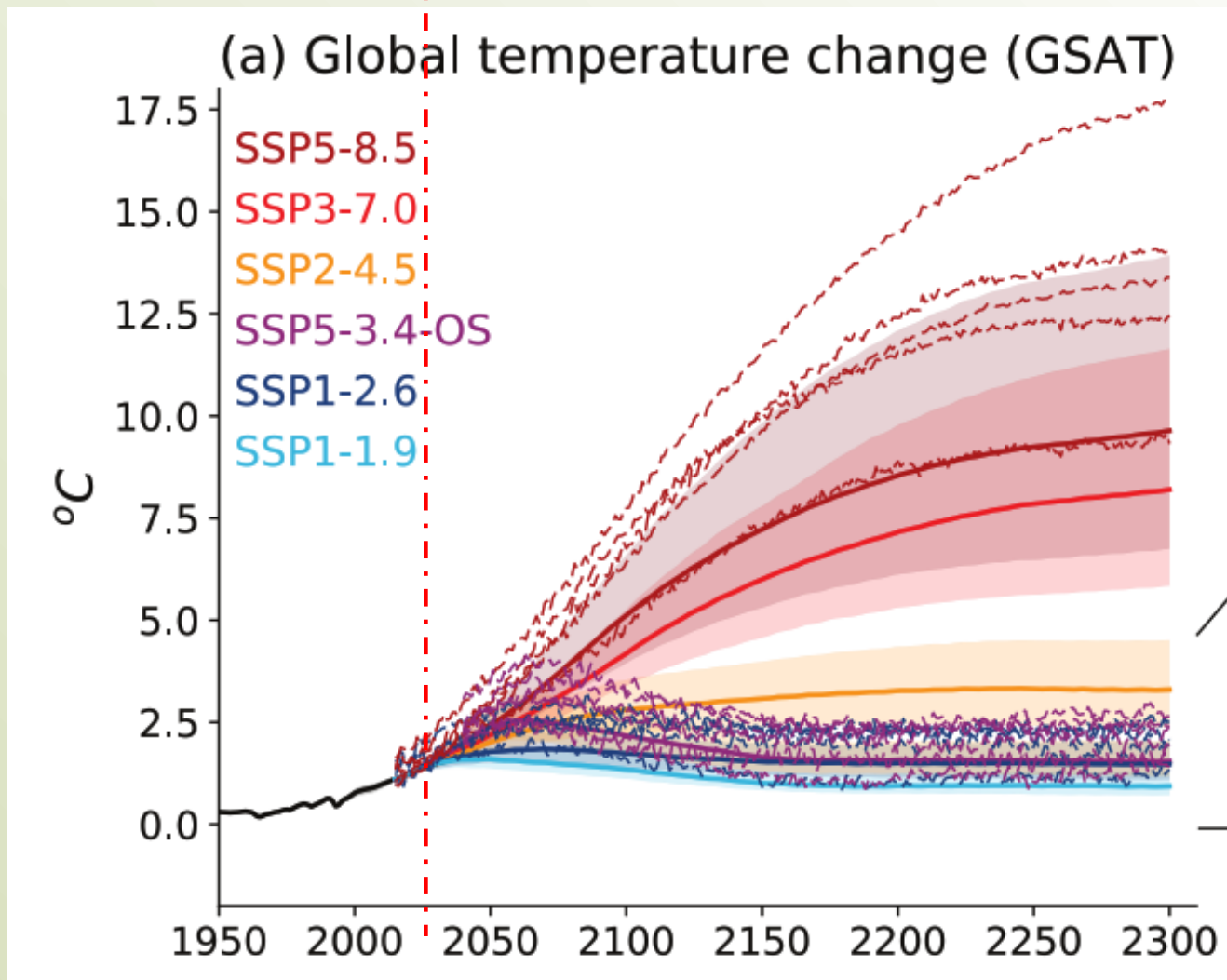
Cassandra?

CCe orizzonte temporale

- ❑ IPCC non esclude incrementi del livello del mare ...fino a 15 m al 2300 !!!!
- ❑ Troppo lontano?
- ❑ ...no, perché tuo nipote **vedrà il 2150 !!!** (40 + 90)



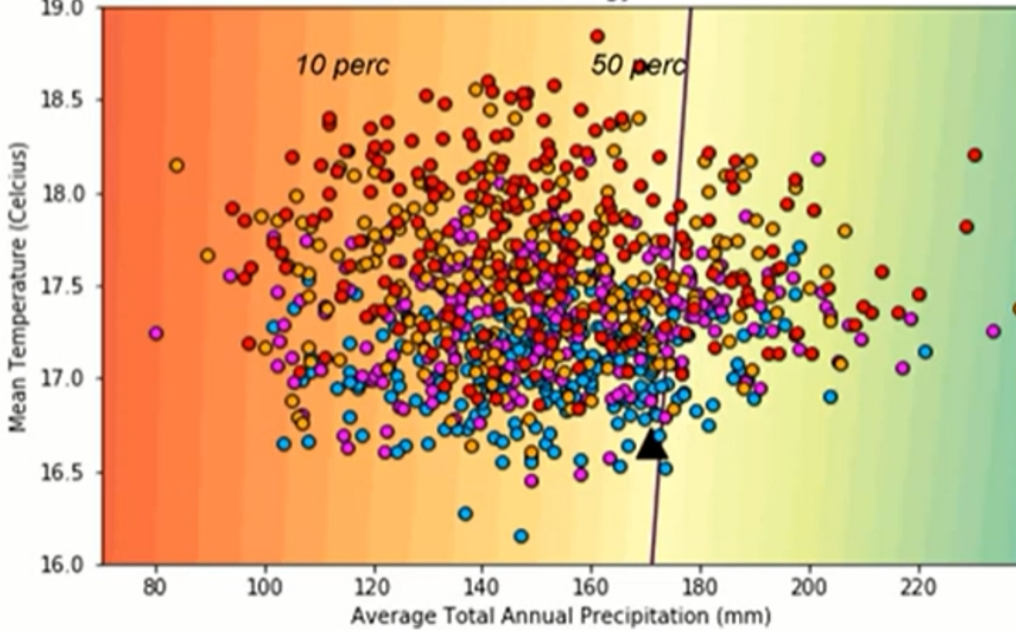
CC...ancora vecchio stile



Dal **IPCC AR6** GMI Report , Fig.4-40, pag.632.

Simulated climate changes up to 2300 under the extended SSP scenarios. Displayed are (a) projected global surface air temperature (GSAT) change, relative to 1850–1900, from CMIP6 models (individual lines) and MAGICC7 (shaded plumes)

5 CERTEZZA sul CC ?



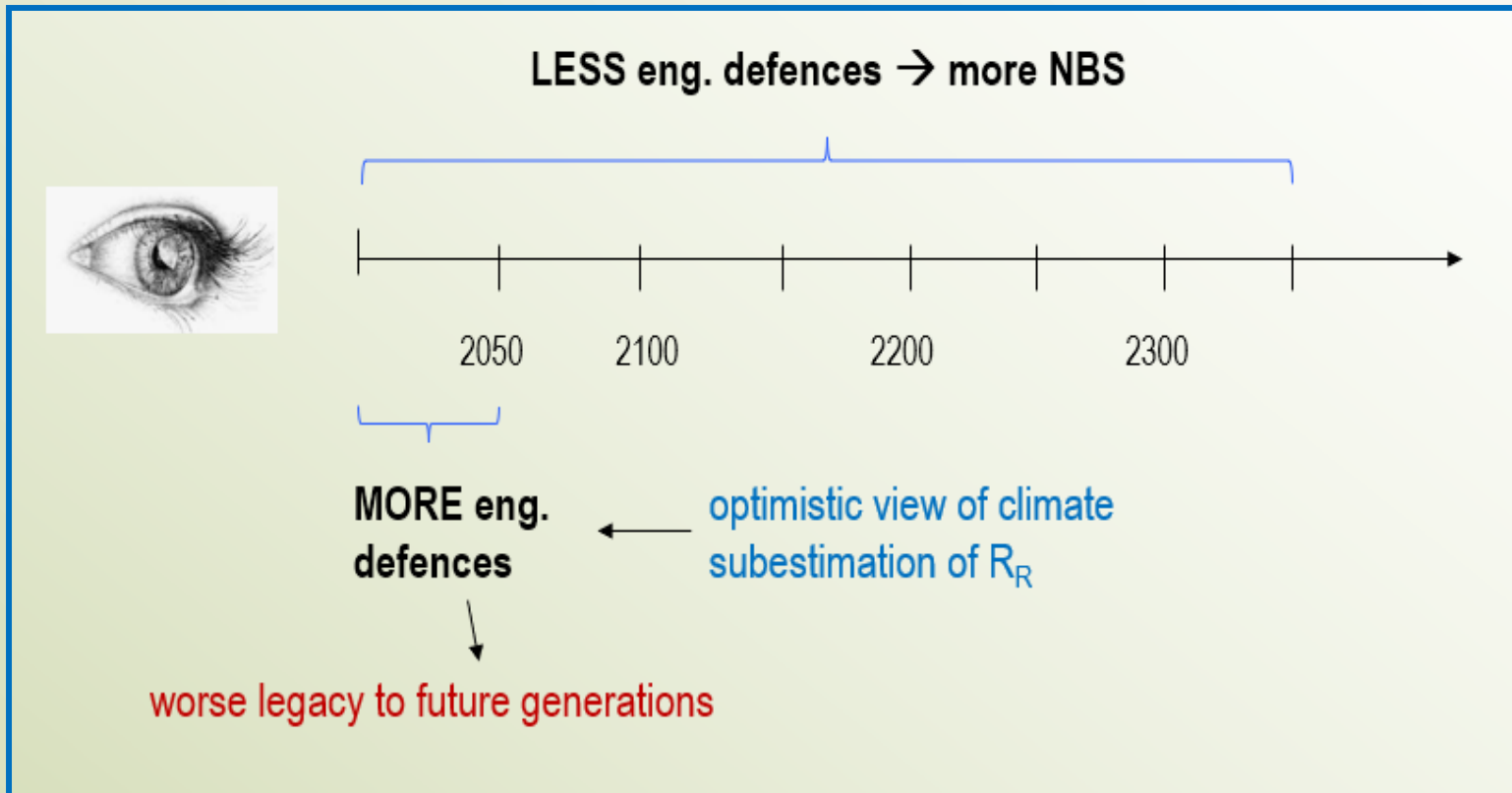
From risk assessment to adaptation pathways: an improvement of the Climate Risk Informed Decision Analysis for the Limari basin in Chile" by Luger, C., Warren, A., Jeuken, A., Verbist, K., Vivanco, C., Norambuenah, S., & Pande, S. (n.d.), submitted in October 2021 to Natural Hazards and Earth System Sciences

Alterazione dei meccanismi climatici → fenomeni nuovi, molto più estesi: concomitanza di eventi nei sottobacini; fiumi aerei...

Enorme INCERTEZZA sul clima futuro:

- 50 GCM : ognuno da risposte differenti, anche contraddittorie a livello di medie annuali (Fig), figurarsi sulla variabilità' (even if average p drops, peaks may be higher...!) Quale scegliere?
- Quale metodo di downscaling?
- Quale metodo per generare scenari con la loro variabilità'?
- Quale SSP-RCP2.5, 4.5, 6.0, 8.5,...x.y?? → ?quale sviluppo (include accordi internazionali, misure di mitigazione, ...)? E i vulcani, dorsali oceaniche? Le guerre?
- Quale orizzonte di tempo?

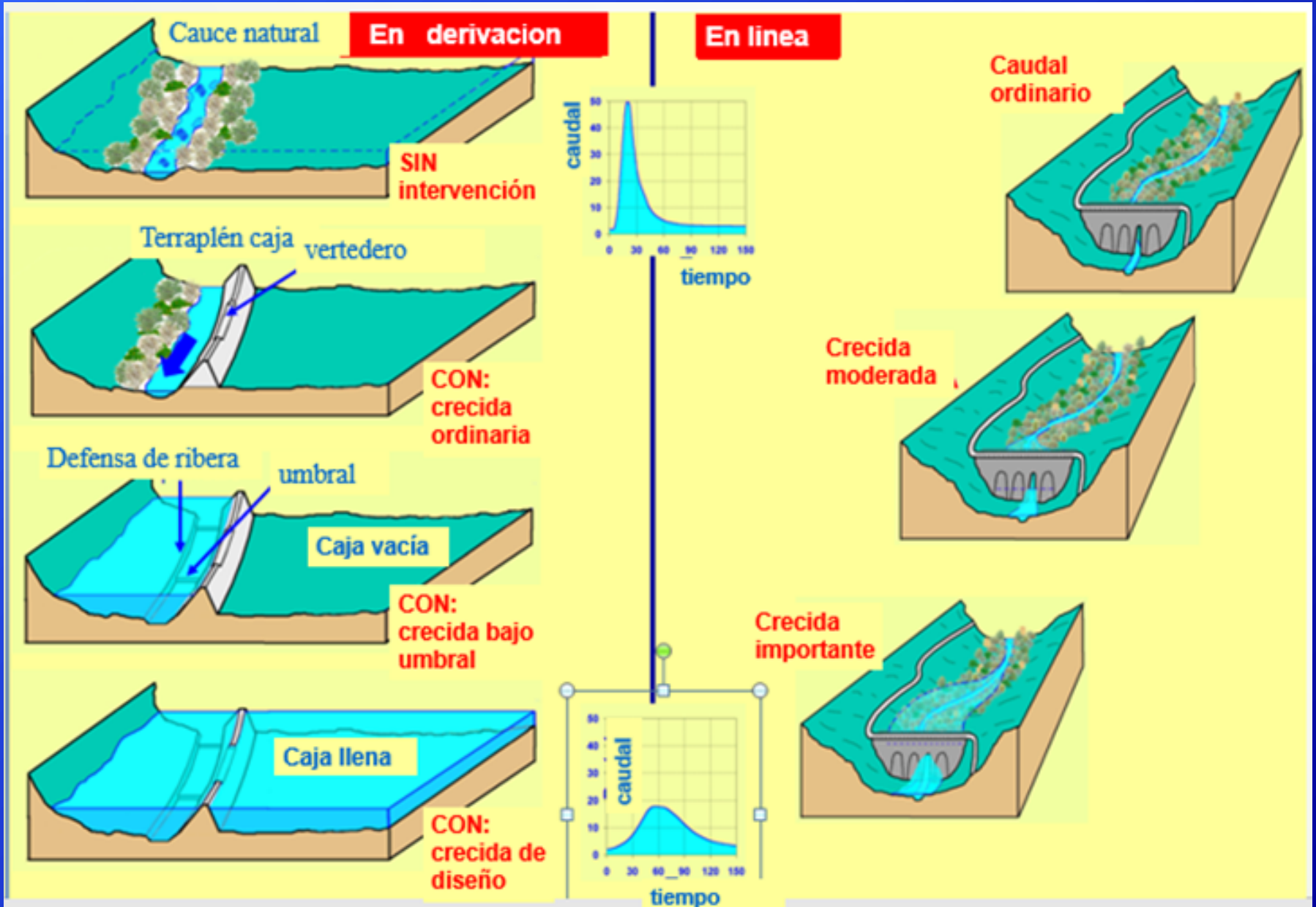
CC...orizzonte temporale



L'APPROCCIO delle Autorità di bacino: i PGRA

- **Passi avanti, soprattutto ... a parole**
- **In pratica (PAI, PGRA I+II):**
 - Fasce fluviali (FF) & regolamentazione
 - Qualche rimozione opere o edifici
 - Indicazioni normative per ridurre la vulnerabilità'
 - Casse di espansione
 - ...ancora molte difese e arginature
- **Ancora ispirato al «mettere in sicurezza»**
- **CC ? lineamenti, ma non base idrologica !**
- **Orizzonte limitato...**
- **Processo troppo pesante, documentazione irraggiungibile, partecipazione lontana...**

CASSE di ESPANSIONE ?



CASSE di ESPANSIONE in RER

In Emilia (grandi)

Secchia, Panaro, ...

In Romagna (molte piccole per topografia):

- F. Montone: 1 cassa + 5 aree di laminazione (Tr 20–30 anni) a monte di Forlì (una sul Rabbi confluenza Montone).
V tot : 6M m³
- F. Ronco: 8 casse (zona “meandri del Ronco” a monte via Emilia). V tot: 20 M m³
- F. Savio: 3 casse. V tot 4 M m³. Molte aree di laminazione. V tot: 10 M m³
- F. Senio: 2 volumi d’invaso. V tot : 4 M m³
- F. Uso: diverse aree laminazione. V tot : 0.8 M m³

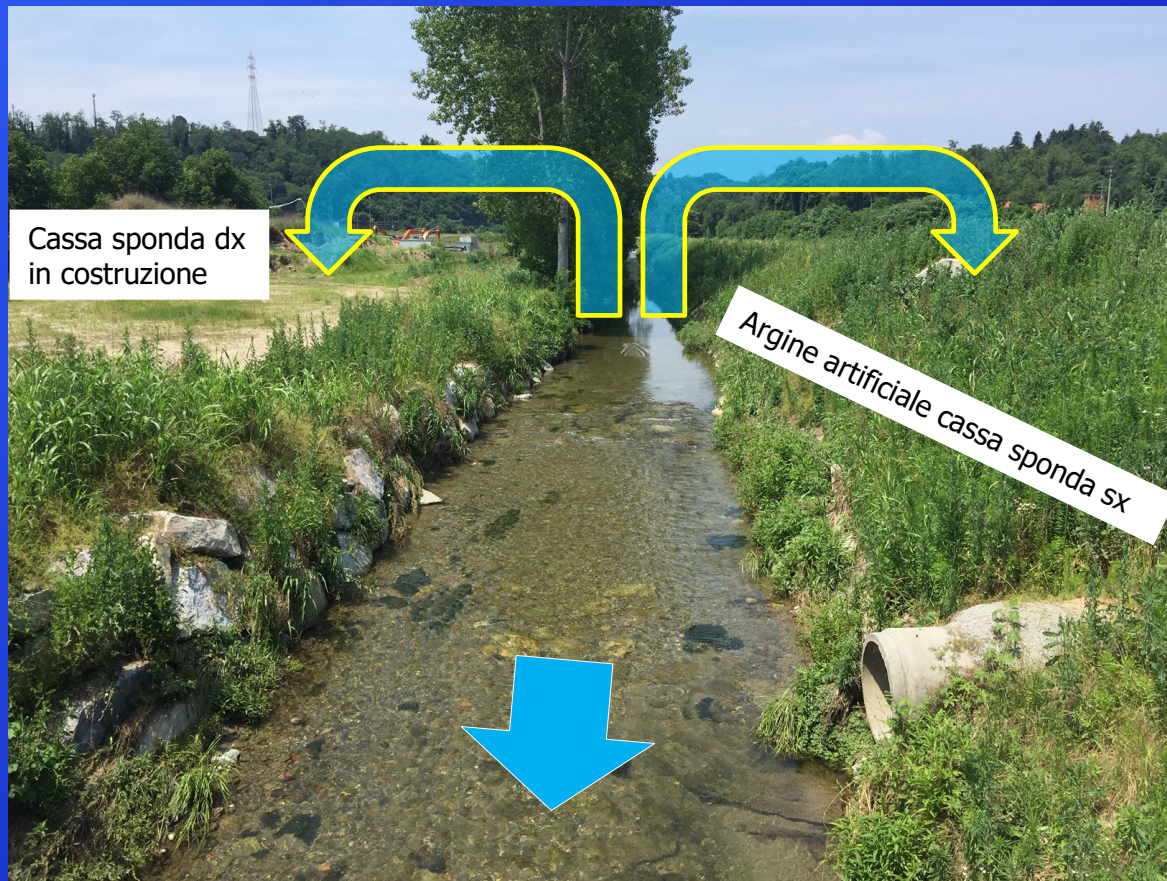
CASSE di ESPANSIONE ?

MA:

→ Resteranno perfettamente operative per...20-100 anni in attesa dell'evento a cui sono dedicate? NO

→ Saranno sufficienti? NO → falsa sicurezza!

→ Migliorano l'ecosistema fluviale? NO



☰ **Corriere Romagna** 🔍

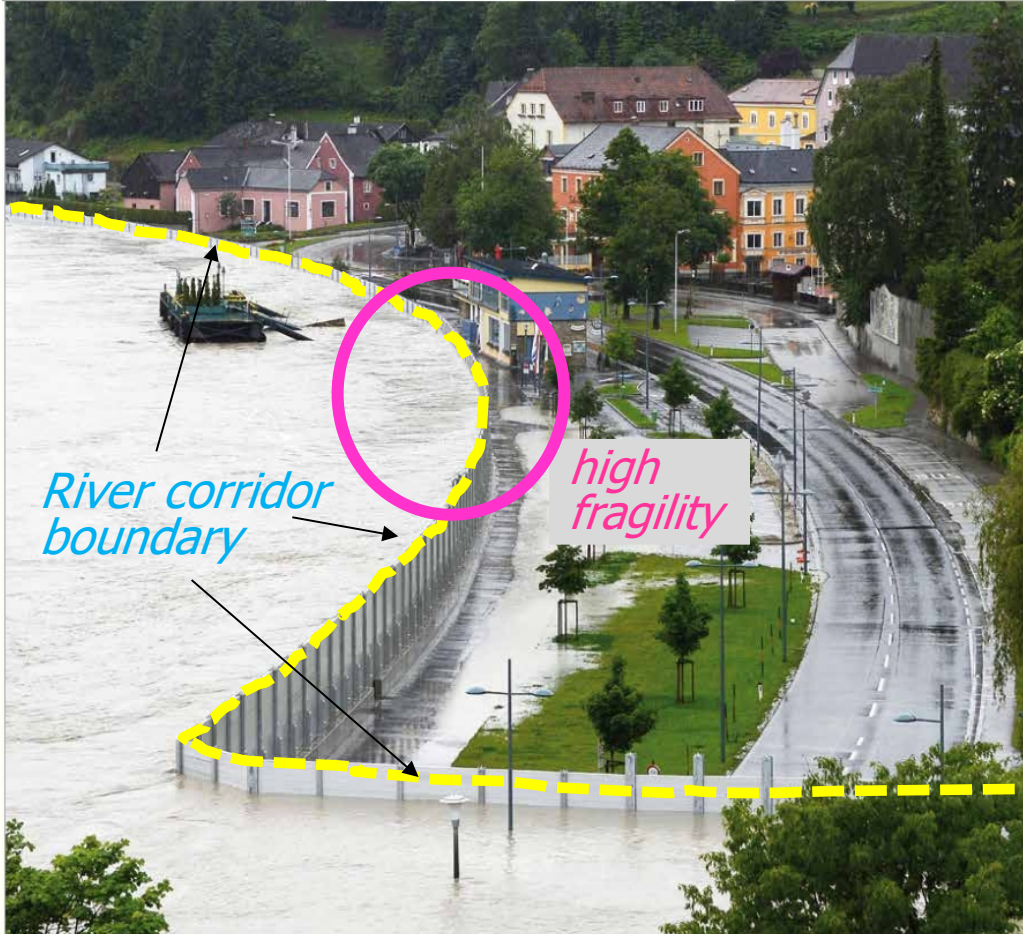
funzionato tutto il volume disponibile, più o meno morfologicamente organizzato, però è stato tutto invasato. E ha dato un contributo importante perchè se non ci fossero state quelle aree che si sono allagate, sotto via Firenze, vicino all'ospedale sul Montone e Rabbi, fra la via Emilia e la strada Forlimpopoli-Meldola sul Ronco, la situazione a valle sarebbe stata ben più drammatica. Purtroppo sono zone che non hanno difese prima che l'acqua sbattesse lì, perchè ci sono ancora fabbricati in aree allagabili.

Fausto PARDOLESI
Ufficio sicurezza territoriale e
protezione civile di Forlì-Cesena

–
Regione Emilia-Romagna

.... DIFESE

Once more engineering approach ?



Or adapt to the context ?



**occorre
cambiare,**

ma, COME ?

IL MITO della SICUREZZA

Devono “metterci in sicurezza”, per questo:

- **Si devono «pulire i fiumi»** → via vegetazione e sedimenti!
- **Vanno realizzate le opere** → mancano i soldi

→ **Convivere con il Rischio, riducendolo nel possibile, consapevoli di un nuovo clima MOLTO incerto**

PRIMO: il corridoio fluviale **il miglior investimento**



A

Asentamientos



Espigones clásicos

Defensa longitudinal

Actividades productivas de alta intensidad (infraestructuras)

B

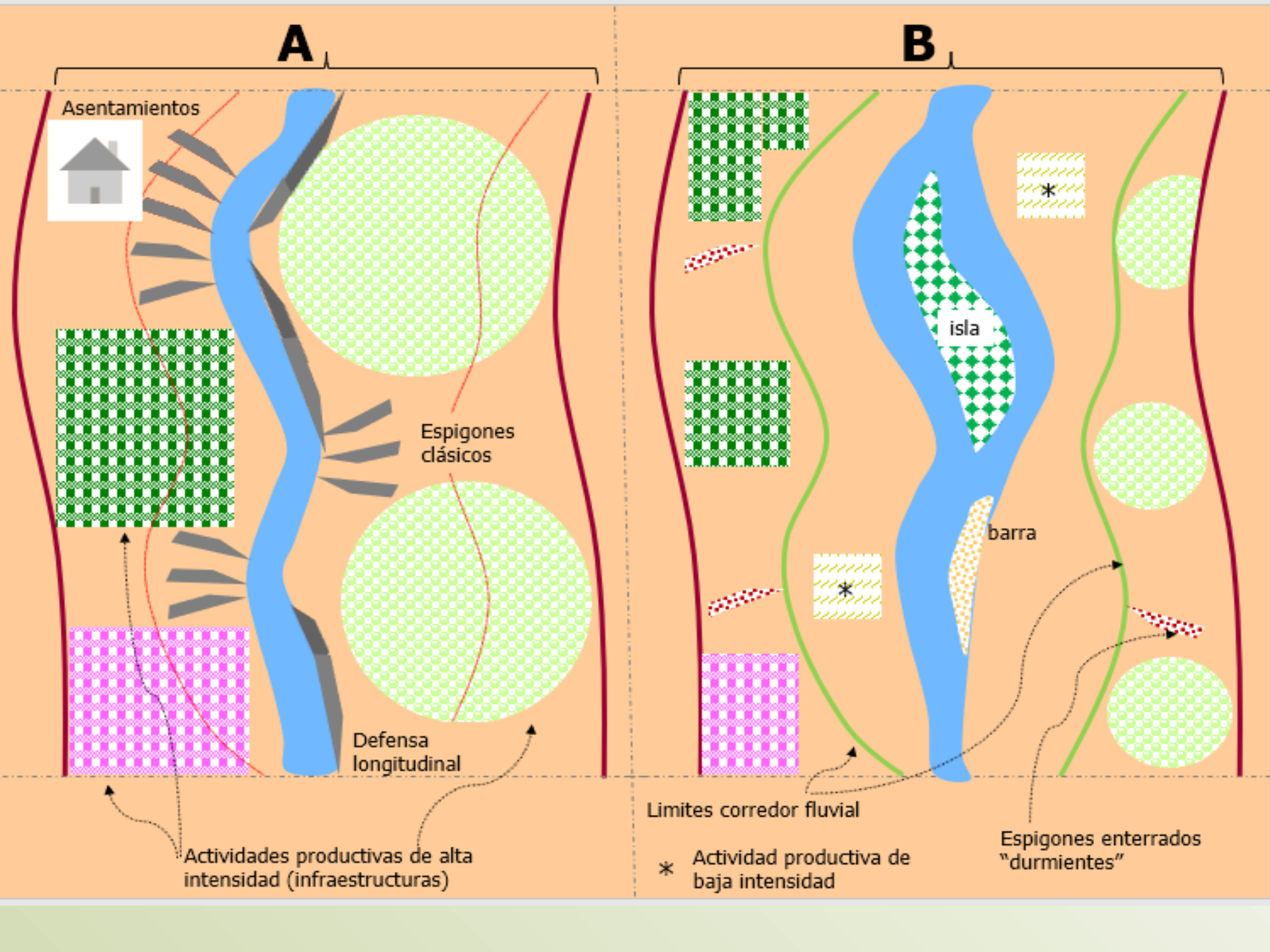
isla

barra

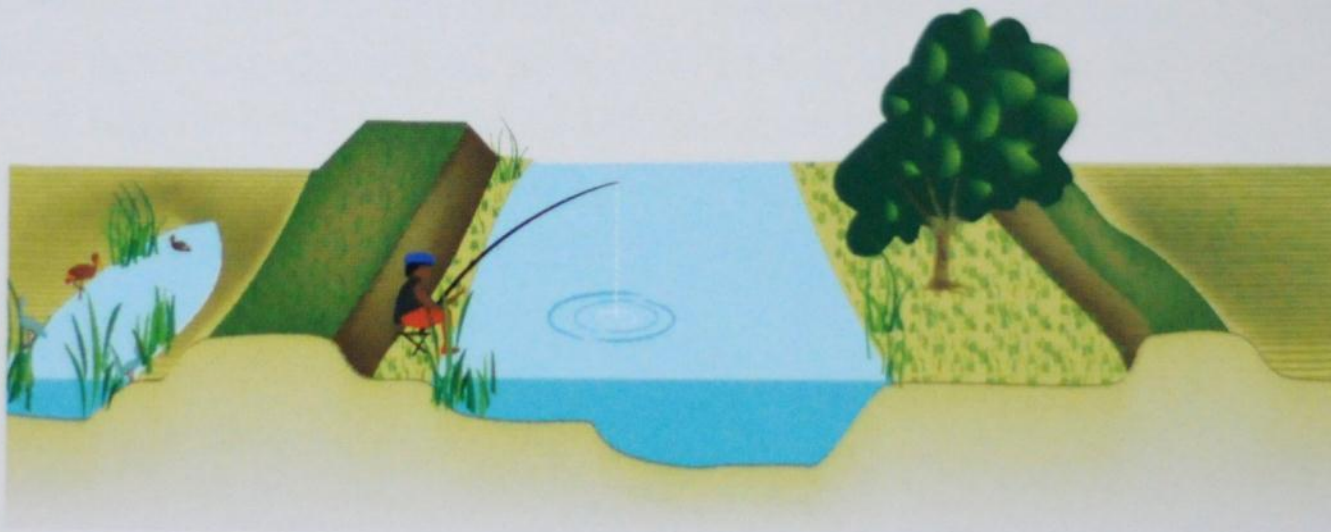
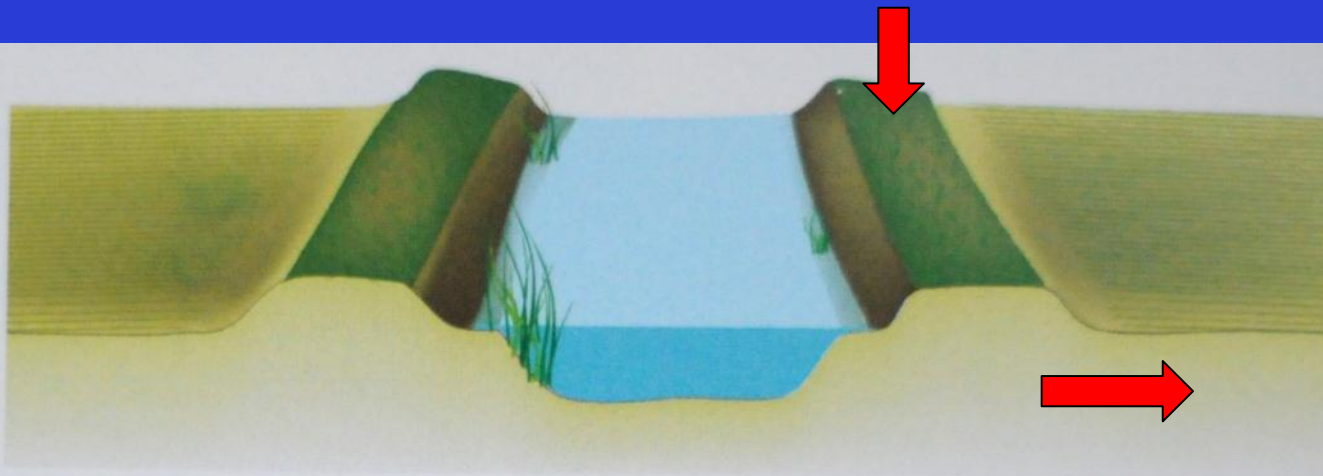
Límites corredor fluvial

* Actividad productiva de baja intensidad

Espigones enterrados "durmientes"



Rimozione/arretramento di ARGINI



Le citta'?

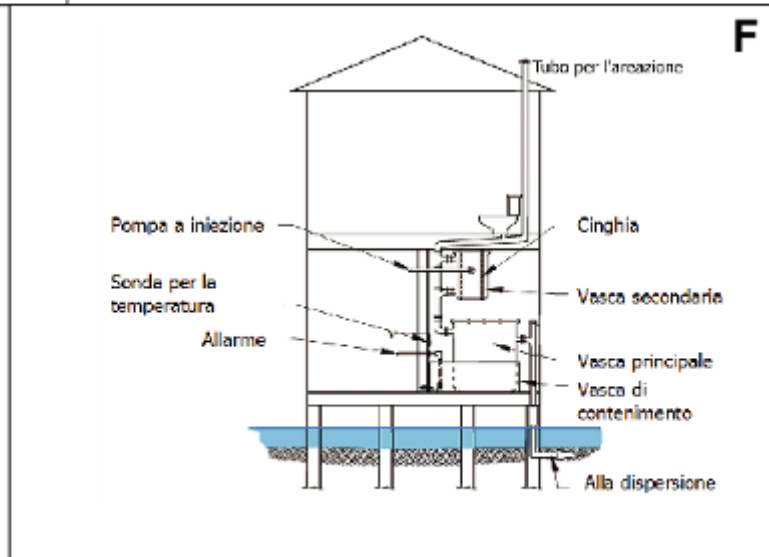
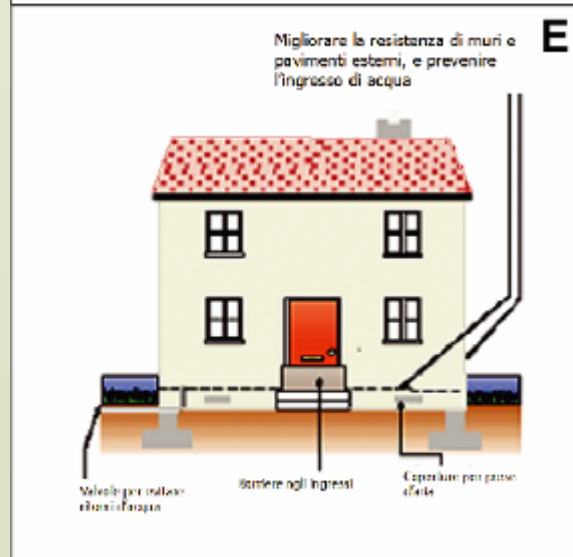
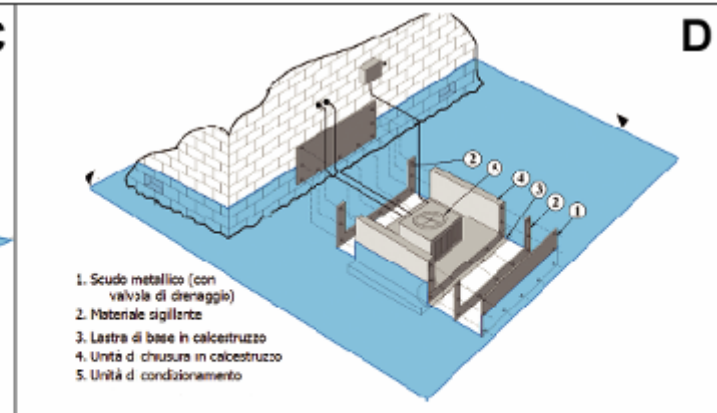
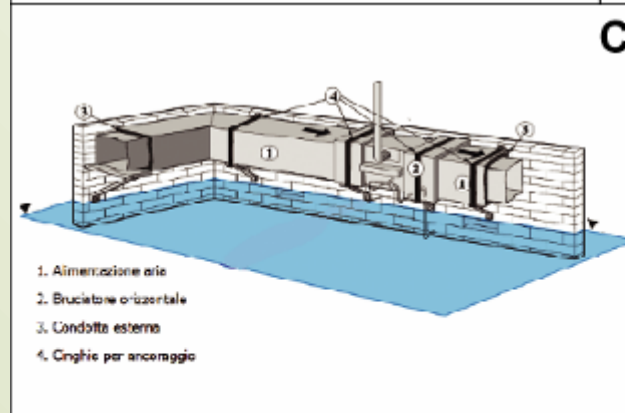
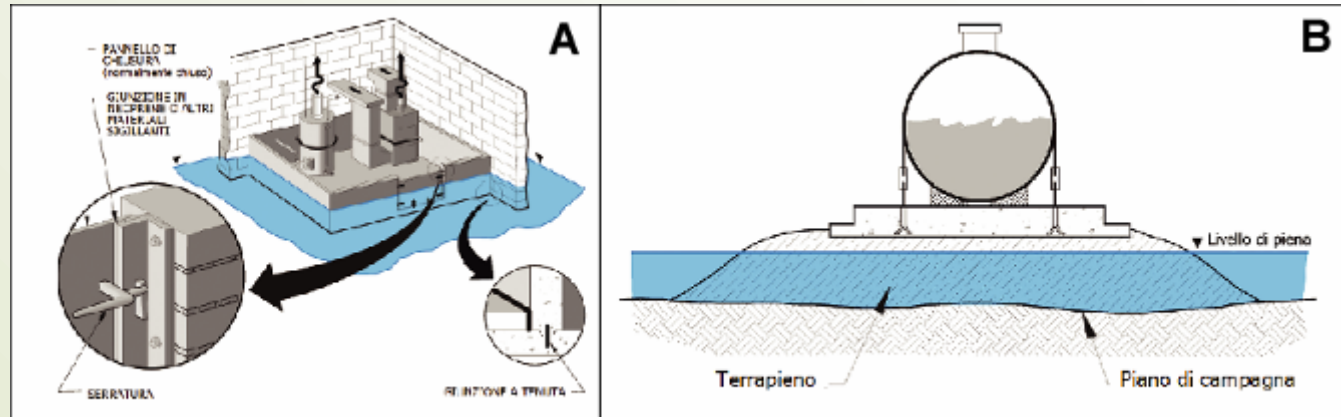
E' naif sperare che l'acqua resti dentro l'alveo**semplicemente, non lo farà!**



→ In zona urbana: ridurre il Rischio residuo

- Ridurre la pericolosità delle difese → argini bassi, meno opere rigide o complesse,...
- Ridurre la vulnerabilità (adaptation, «water proofing», allerta)
- Incrementare la resilienza (organizzazione, informazione, finanziamento...)

adattarsi riducendo la vulnerabilità degli edifici



edifici “a prova
di piena”

....«**idro-citta**» esempio semplice (flood-proofing)



MILANO (I), MM5 zona inondabile fiume Seveso 2014

dal progetto **FLORIMAP**

Concetto e foto: Daniele Bignami, Fondazione Politecnico (MI)

Adeguare le infrastrutture

per mitigare i danni

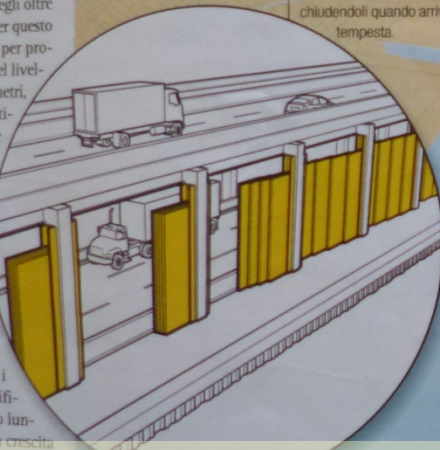
Con l'innalzamento del livello dei mari, maree e piene invaderanno le città costiere sempre più all'interno, e anche normali tempeste causeranno estesi allagamenti. Varie misure di protezione di tipo «tattico» sono state proposte per New York e altre città, alcune delle quali illustrate in questo riquadro. Tuttavia gli esperti avvertono che qualsiasi intervento di mitigazione dovrebbe prima soddisfare standard e politiche stabiliti a livello regionale, compresa un'analisi costi-benefici nel breve e lungo termine. Altrimenti, il denaro speso per implementarli andrà sprecato.

Il surge dell'Uragano Sandy



Installare muri retrattili anti inondazione

Se non si costruiscono barriere giganti nell'oceano per contenere le piene, si potrebbero installare alti muri retrattili fra i pilastri di una autostrada che circonda la città, chiudendoli quando arriva la tempesta.



Incorniciare le prese

Le prese d'aria della metropolitana possono essere inondate dalle piogge. Circondare queste prese d'aria con delle semplici cornici verticali può deviare il flusso.

Erigere scogliere

Le scogliere artificiali possono rompere le onde e rallentare le piene, riducendo la loro velocità.

Elevare gli impianti sensibili

Calcolatori e server possono essere inondati da caldaie e pannelli elettrici situati nelle cantine inondate. L'acqua può mettere fuori uso anche i generatori di emergenza. Elevare sopra il livello del terreno gli impianti vitali degli edifici, e forse spostare sottoterra i depositi di carburante, potrebbe ridurre i rischi.

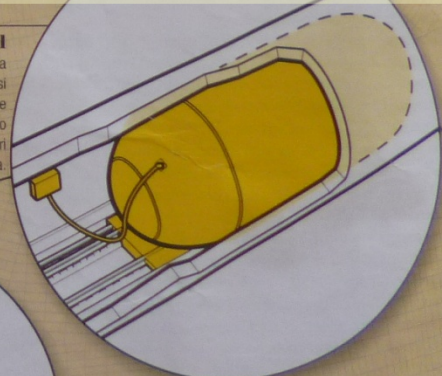
Infrastrutture critiche a prova di alluvione

Centrali elettriche, ospedali e altre infrastrutture essenziali vanno assolutamente difese usando argini, porte sigillate, boccaporti sotterranei e altre simili soluzioni.

Tunnel a prova di inondazione

Installare air bag da tunnel

I tunnel stradali e della metropolitana possono intrappolare molte persone se si allagano rapidamente. Air bag di plastiche flessibili ma molto resistenti potrebbero gonfiarsi in pochi minuti, tenendo fuori l'acqua.



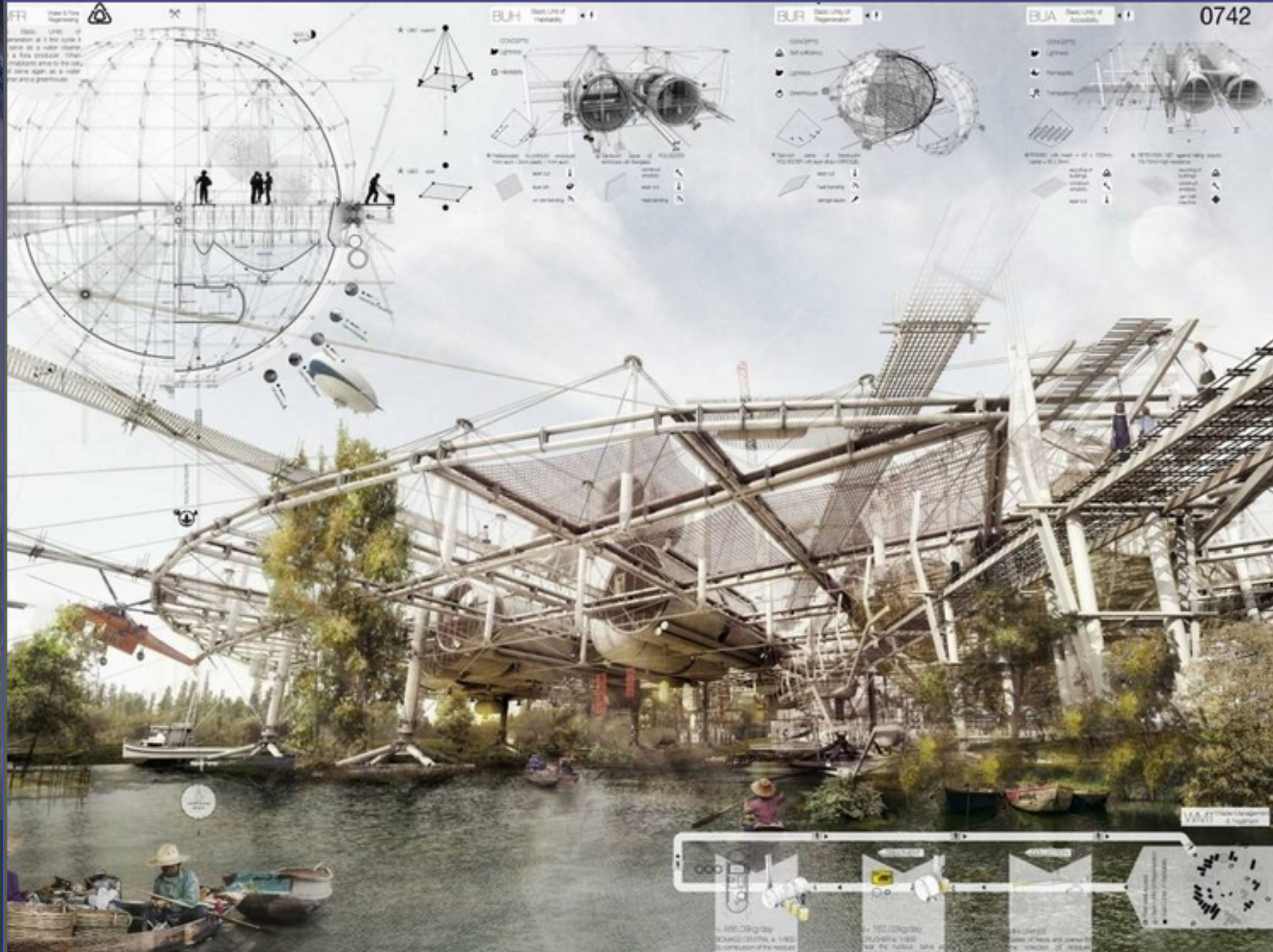
Argini retrattili lungo strade

Misure tattiche per far fronte al rischio idraulico e cambiamento climatico a New York

Elevare gli accessi al METRO

....urbanistica pensando al futuro

Sono avveniristici, tecnologici, smart, ma soprattutto bizzarri (e anche brillanti) i palazzi immaginati dagli architetti per le città del domani. Una giuria internazionale di esperti (tra loro anche Massimiliano Fuksas e Benedetta Tagliabue) ha esaminato 408 progetti arrivati da tutti e sette i continenti per il concorso «Skyscraper Competition», il premio istituito dal 2006 dalla rivista americana eVolo. Gli architetti si sono focalizzati sull'uso innovativo dei materiali, sulle tecnologie, sull'estetica, ma soprattutto su quei problemi che molte metropoli dovranno affrontare in un futuro non così lontano: il sovraffollamento, il riscaldamento globale, i disastri ambientali. Al di là del fatto che questi colossi probabilmente non vedranno mai la luce, resta comunque uno spettacolo scorrere le immagini dei progetti premiati. La «Bio-Pyramide» (nella foto) è stata concepita come una biosfera tra il deserto del Sahara e la città del Cairo. Immaginata da un team di architetti statunitensi ha avuto una menzione d'onore (a cura di Elnar Burchia. Foto eVolo)



Visione INTEGRATA:
Cose GROSSE

ALTERNATIVE di assetto:

buone opzioni & visione ampia

Opere:

- Flessibili, semplici y moderate per non creare rischio residuale
- Lontane dall'alveo (retrocedere gli argini...)
- di guardia (interrate, passive): pennelli, argini, difese
- Adattamento di infrastrutture (strade, ponti, impianti, canali...)
- “Ambientalizzazione” (non trapezoidale, rette, cemento → verdi)

Morfologia e vegetazione:

- Molto più spazio: riconnessione con la pianura e zone di espansione: eliminazione o arretramento di argini e difese; riapertura di canali laterali; ribassamento della pianura;...
- Continuità laterale e longitudinale (rimozione briglie, dighe, argini)
- Incremento della ritenzione idrica (riforestare, infiltrare, raccogliere,..)
- Riattivazione del trasporto solido; immissione sedimenti: de-colmatazione
- Fasce riparie vegetate
- Gestione-rimodellamento dell'alveo e della vegetazione post eventi

Uso del suolo e meccanismi amministrativo-finanziari

- NON incrementare il valore esposto = consumo di suolo STOP
- Cambio assetto colturale
- De-localizzazione di edifici
- Adattamento-idro-resilienza (*water proofing* , *Smart cities*, *Idrocittà*)
- Meccanismi gestionali: **allerte**, **perequazione**, **assicurazioni**, **PES**, **indennizzi**,
...

ALTERNATIVE di assetto: Scala spaziale adeguata



Idraulica:

- L'onda a valle dipende del trasferimento e dall'esondazione che abbia luogo a monte
- E' "valle" che comanda il profilo idraulico (rigurgito)

Geomorfologia: trasporto solido: incisione, sedimentazione,...

ALTERNATIVE di assetto:

buone opzioni

Opere:

- Continuità laterale e longitudinale (rimozione briglie, argini, puentes altos)
- Incremento della ritenzione idrica
- “Ambientalizzazione” (non trapezoidale, rette, cemento verdi)
- Flessibili, semplici y moderate per non creare eccesso residuale
- Lontane dall'alveo (retrocedere...)
- di guardia (interrati, pinnelli, argini, difese

←grey measures→

Opere e vegetazione:

- Connessione con la pianura: zona di espansione: eliminazione argini e argine; riapertura di canali; abbassamento della pianura;...
- Riattivazione del trasporto; immissione sedimenti: de-colmatazione
- Fasce riparie vegetate
- Gestione-rimodellamento dell'alveo e della vegetazione post eventi

Uso del suolo y mezzi amministrativo-finanziari

- Cambio uso del suolo
- Ricostruzione di edifici
- Adattamento di infrastrutture (grate, impianti, canali...)
- Adattamento urbano (water proofing, Smart cities, Allarmi)
- Assicurazioni, FES, indennizzi, perequazione, ...

←green infrastructures→

Riassumendo:

Riassunto:

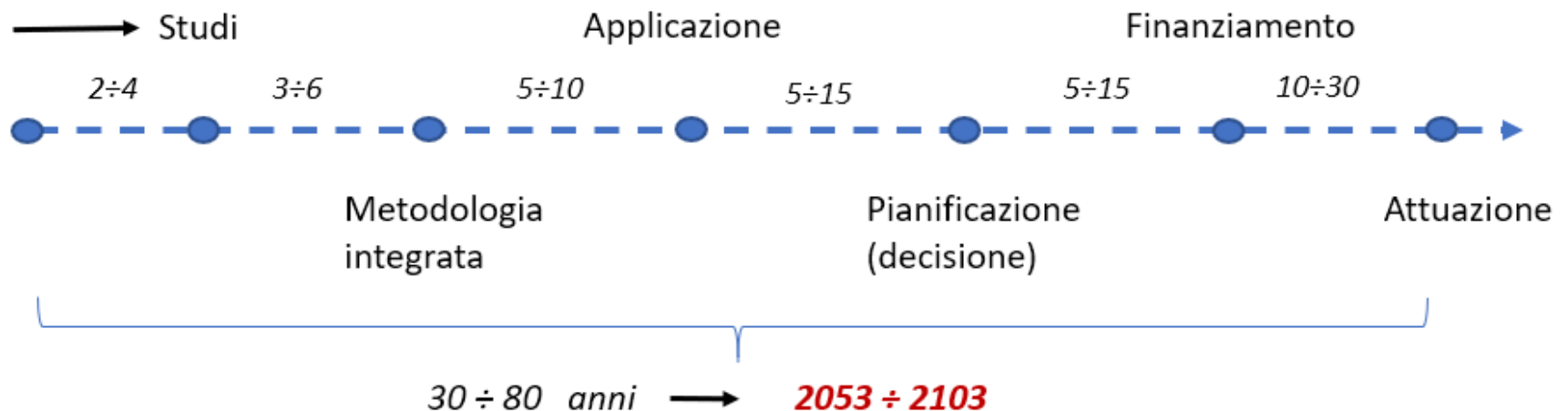
- ❑ *La configurazione attuale dei fiumi **NON** è la desiderata*
- ❑ *Il rischio è da esondazioni + dinamica fluviale (detriti, divagazione, ...)*
- ❑ *L'approccio classico ingegneristico, "mettere in sicurezza", è ingannevole : produce più rischio*
- ❑ *Il **CC** esige un cambio di rotta perché **Costi** (I+OMR) e **Rischio Residuo** (R_R) saranno **insopportabili**; inoltre, **ignoriamo il futuro** (le probabilità!) e trasmetteremo un **lascito** inaccettabile*
- ❑ ***Ci vuole** MOLTO più spazio, difese più modeste, meno valore esposto dentro, meno vulnerabilità fuori e più resilienza → il corridoio fluviale (Nature Based Solution) + idro-città (e naturalmente previsioni meteo sempre migliori) ←
meccanismi gestionali amministrativo-finanziari veri per permettere la transizione*
- ❑ *Il CC è colpa di tutti, ma occorre che ognuno inizi ad adattarsi*

Riassunto:

→ *certamente non ha senso ricostruire come era altrimenti ricadiamo nella medesima situazione:*

- ◆ cogliere la lezione : costruire, magari lì stesso, ma adattandoci: una struttura sopraelevata? Un orientamento rispetto al fiume più consono al flusso? un'organizzazione interna diversa?
- ◆ o ancora meglio un posizionamento in altra zona ...meno pericolosa?
- ◆ e magari una diversa configurazione del fiume stesso; perché no: spostare gli argini? Ridare spazio? Spostare la strada?

→ **CONVINZIONE, CORAGGIO & VOLONTA' perché è URGENTE**





ALLUVIONI: Mitigazione, adattamento e sistema idro-morfologico

Andrea Nardini - *libero pensatore, ingegnere idraulico, PhD Analisi dei Sistemi; PhD geomorfologia fluviale*

Forlì 18 Ottobre 2023

nardiniok@gmail.com

Cose GROSSE:
economicamente
sta in piedi?

Costa troppo o...si giustifica?

Analisi Costi-Benefici sociale

(supporto all'esplorazione di ALternative)

$$\max_u [B(u) - C(u)]$$

u

$$\equiv \max_u [V(u) - R_T(u) - C(u) - T]$$

- $C = I + OMR$: costi gestione e rimpiazzo futuri
- T : costi di Trasformazione
- $R_T(u)$: include il **R residuo**
- $u \in U$ (con Nature Based Solutions)

Poi.... aggiungiamo i Servizi Ecosistemici,...

Come realizzare:

chi paga?

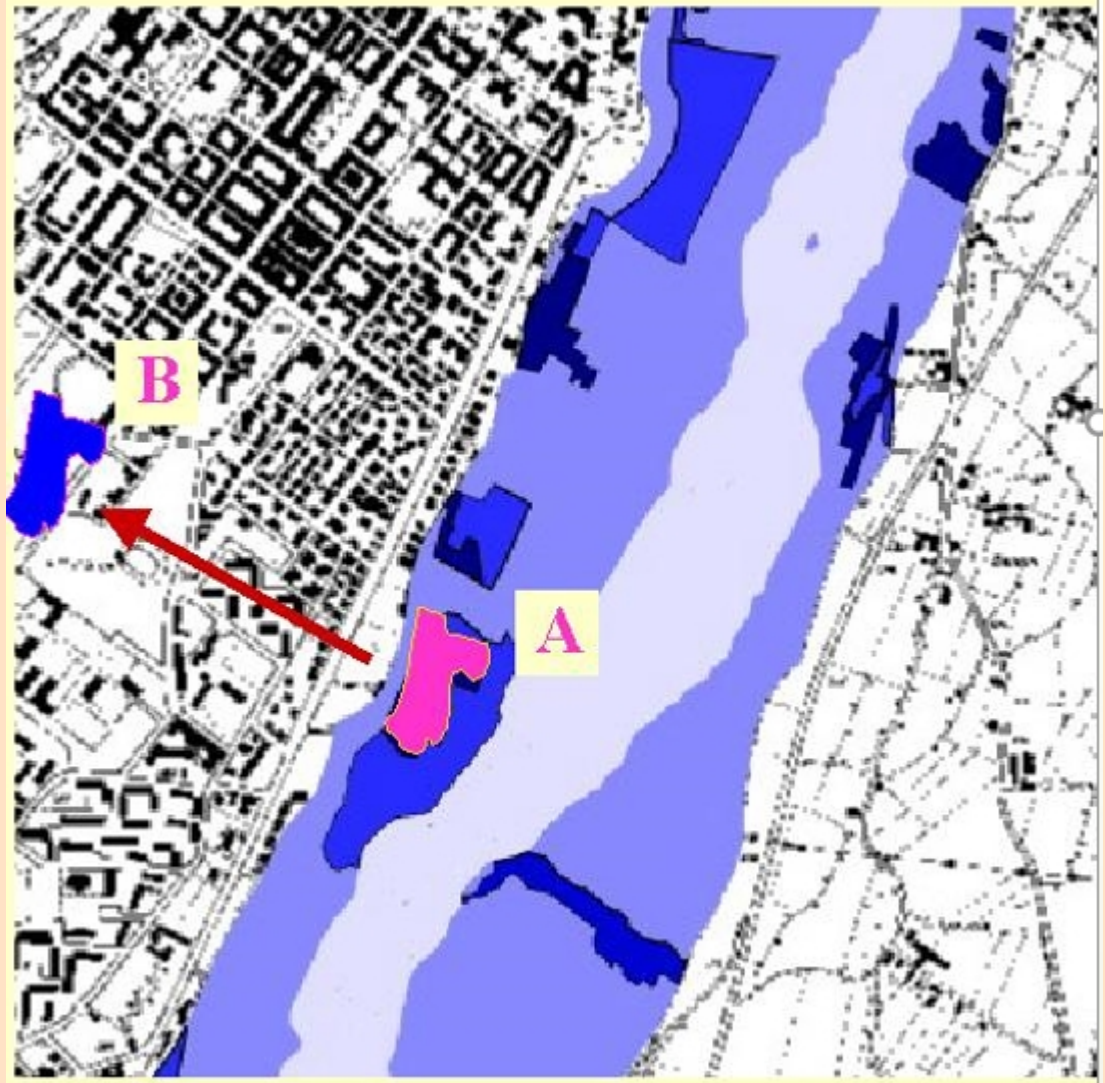
1) El uso del suelo en (A) se desclasifica y por tanto pierde valor: $\Delta V = V_0 - V_{\text{nuevo}}$

2) Se permite un cambio de uso en un predio en otra zona (B) del mismo dueño tal de aumentarle el valor justamente de ΔV (ej. se incrementa el volumen construible o el tipo de edificio admitido)

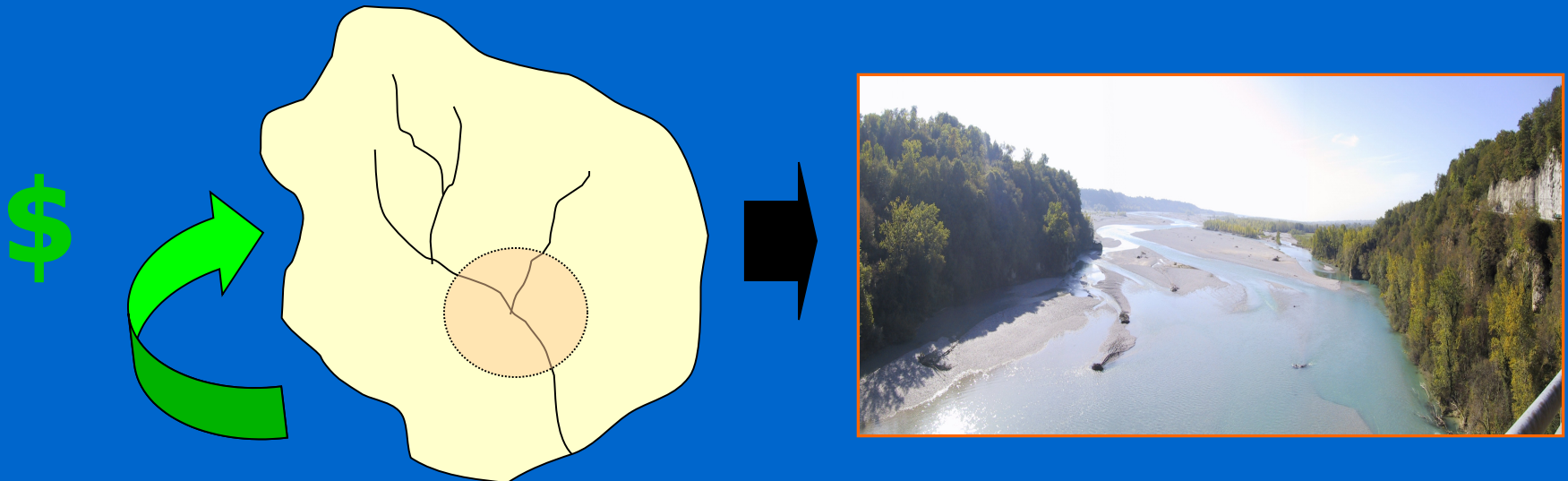
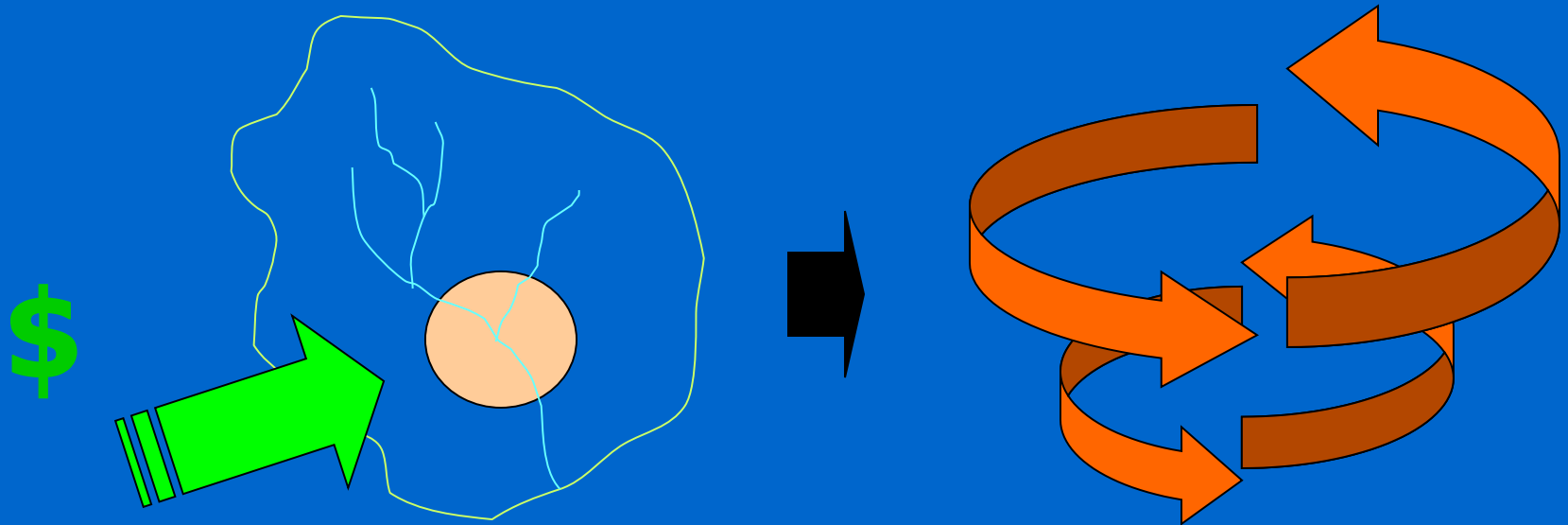
3) Para generalizar (el dueño en A podría al momento no poseer otros predios), se facilita la compra-venta de predios creando un “mercado”



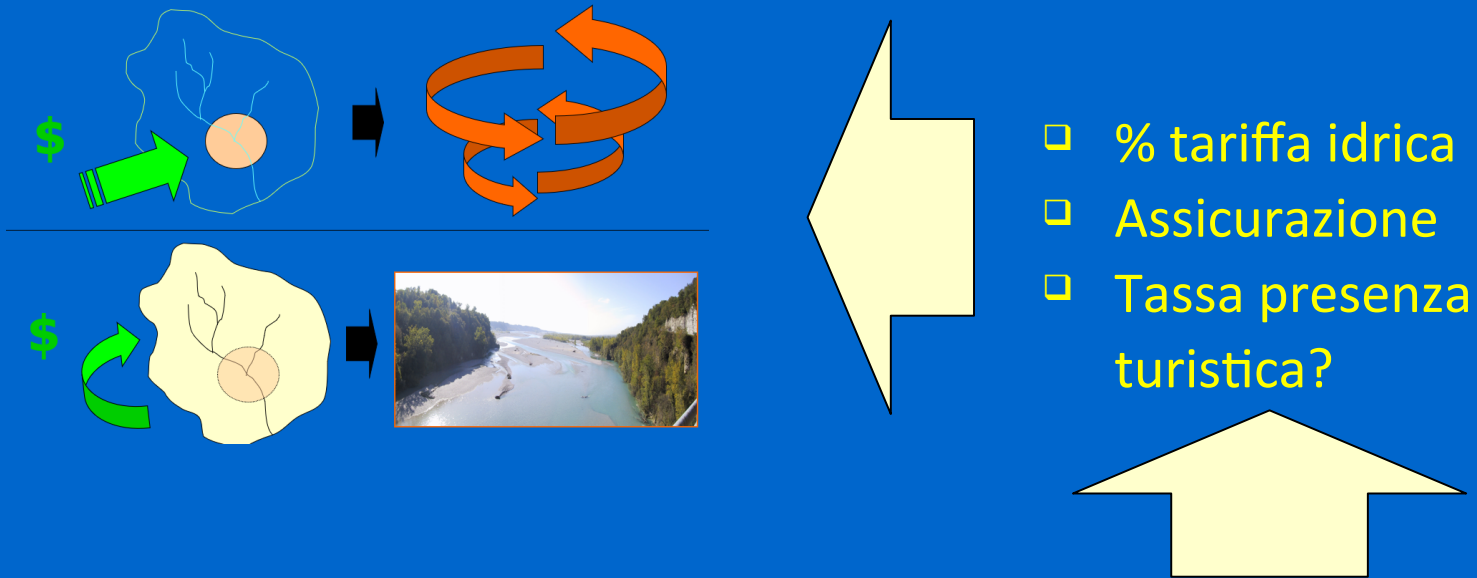
En teoría, de esta forma la operación saldría a costo cero para el Ente Público (Municipio) y sin pérdidas para los actores privados.



GOVERNANCE: internalizzare i costi



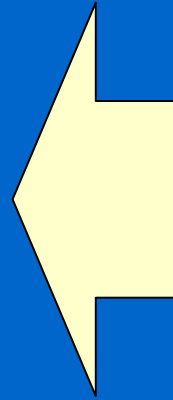
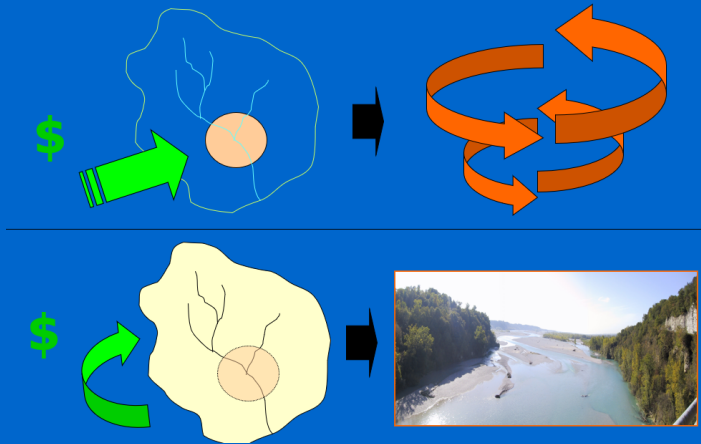
GOVERNANCE: internalizzare i costi



Si chiude con quasi 3,4 milioni di arrivi e 14,4 milioni di presenze il 2022 turistico della provincia di Rimini.

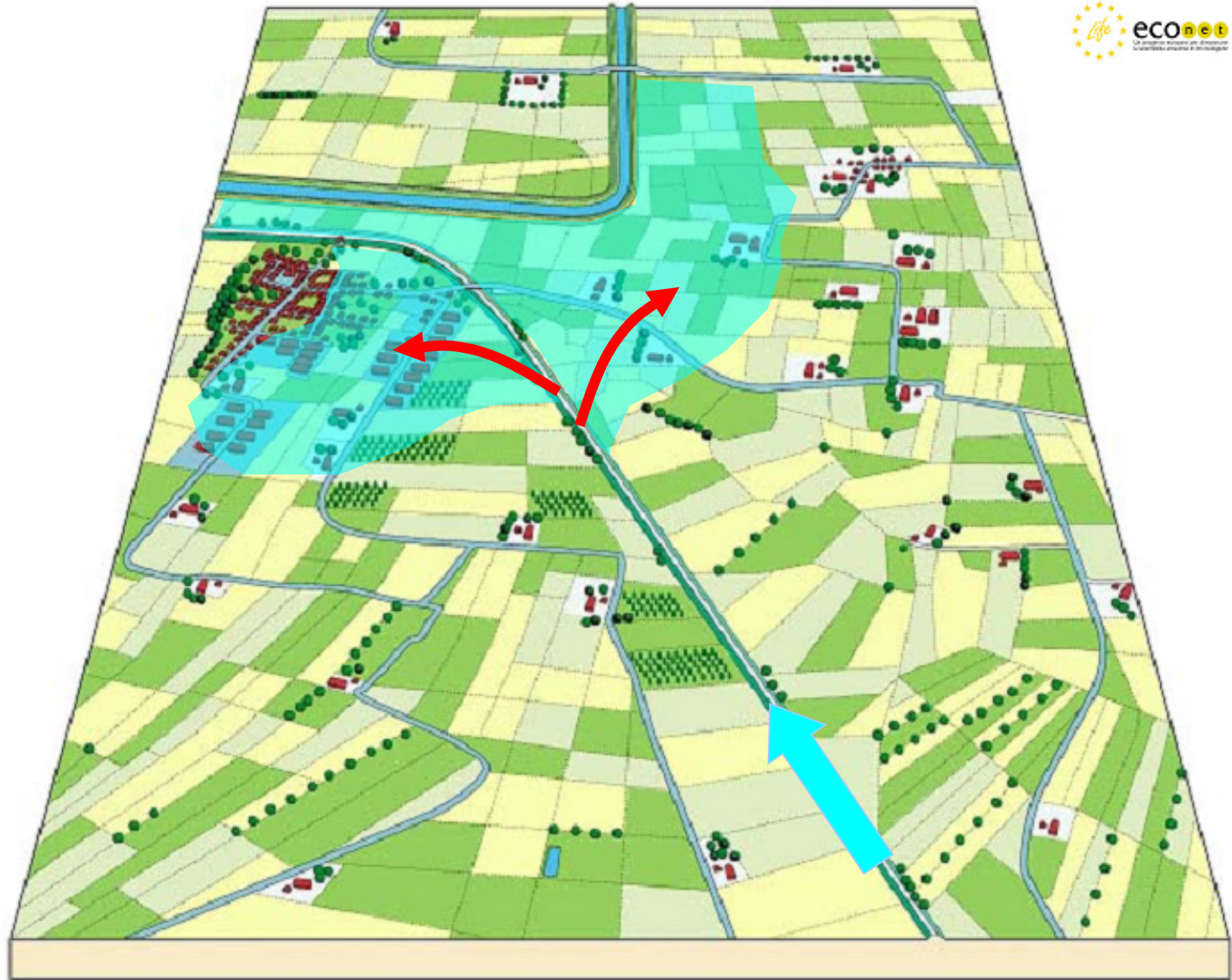
- Non molto etico
- Non gratuito
- Ma efficace

GOVERNANCE: internalizzare i costi



-
- Pagamento per Servizio Ambientale (PES)
- ...

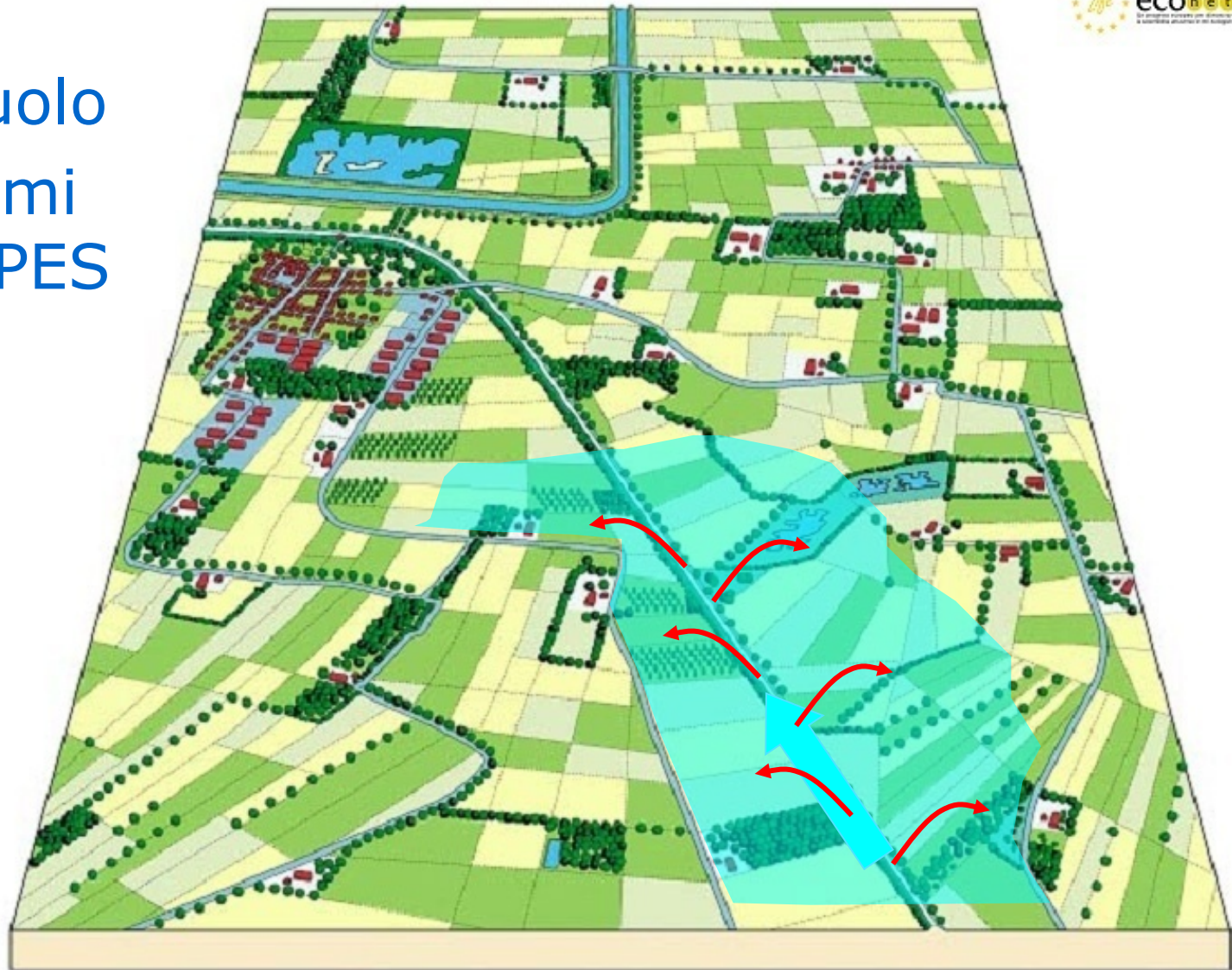
Ritardare la corrente e smorzare l'onda: da monte



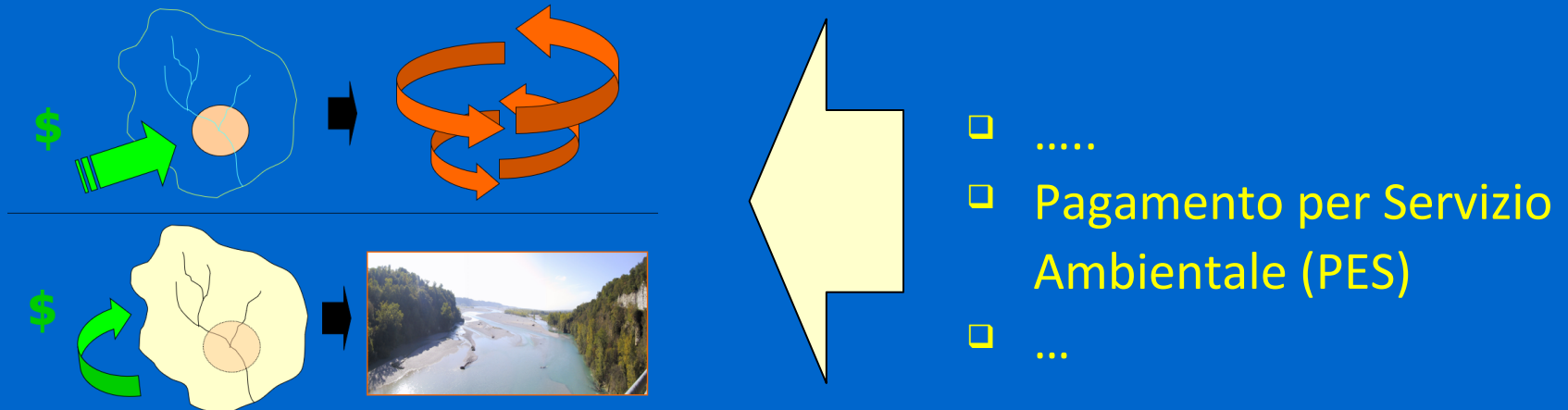
Rielaborato a partire da disegni della "Provincia di Modena"

..un vero servizio ambientale

- Uso del suolo
- Meccanismi gestionali PES



GOVERNANCE: internalizzare i costi



Fornitore del servizio ambientale:
"smorzamento onda di piena"

Consumatore del servizio ambientale (e finanziatore):

- città
- complessi industriali

Programma di Azione:
manutenzione, ripristino,...



CO-finanziatori:

- turisti
- Stato
- ...

GOVERNANCE: internalizzare i costi

- ❑ **Una nuova tassa ???!!**
- ❑ **...ma che ci pensi lo Stato!!!!**

-
- ❑ Non ci sono risorse sufficienti (naturalmente inefficienza, spreco, evasione fiscale,...) e meno ancora a fronte di quel che ci chiede il CC
 - ❑ Il PNRR a questo dovrebbe servire
 - ❑ **IMPORTANTE: Tasse, assicurazioni, tariffa idrica,.....: comunque paghiamo noi...**
 - ❑ma, se reso esplicito, almeno decidi e controlli collettivamente come spendi nel tuo bacino (schema francese)
 - ❑ **Inoltre, rimborso/sostegno può essere molto più rapido, completo, giusto e alla lunga più sopportabile**